

## **Исследование доменной структуры в сегнетоэлектриках с помощью сканирующей зондовой микроскопии**

В.Я. Шур

*Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет, 620000,  
Екатеринбург, Россия  
vladimir.shur@urfu.ru*

Будет систематически изложено каким образом различные методы сканирующей зондовой микроскопии используются для визуализации сегнетоэлектрических доменов с высоким пространственным разрешением, исследования доменной структуры, локального переключения и создания микро- и нанодоменных конфигураций.

## **Study of ferroelectric domain structure by scanning probe microscopy**

V.Ya. Shur

*School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, 620000, Ekaterinburg, Russia*

Application of various methods of the scanning probe microscopy for visualization of the ferroelectric domains with high spatial resolution, investigation of the domain structure, local switching and creation of the micro- and nanodomain patterns will be presented systematically.

Будет представлен краткий обзор различных методов визуализации доменной структуры в сегнетоэлектриках, в том числе оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии (Scanning Probe Microscopy - SPM). Особое внимание будет уделено достоинствам и недостаткам SPM. Будут представлены первые успешные наблюдения доменной структуры с помощью атомно-силовой микроскопии (Atomic Force Microscopy – AFM) с помощью измерения рельефа поверхности сегнетоэлектрика как естественного, так и выявленного с помощью селективного травления. Будет рассмотрен принцип и основные преимущества наиболее популярного метода - микроскопии сил пьезоэлектрического отклика (Piezoresponse Force Microscopy - PFM), а также такие современные моды как Spectroscopy, Dual AC Resonance Tracking (DART) и Band Excitation (BE).

Будут представлены многочисленные примеры успешного использования локального переключения поляризации (local switching) с помощью проводящего зонда SPM и PFM визуализации (Scanning Probe Microscopy tip-induced ferroelectric domain switching) для проведения исследований с высоким пространственным разрешением для получения важных результатов.

1) Новый механизм прямого прорастания доменов в полярном направлении (forward growth) на основании результатов локального переключения поляризации на неполярном срезе одноосного сегнетоэлектрика ниобата лития [1,2].

2) Взаимодействие изолированных доменов, приводящее к эффекту перемежаемости (intermittency) и формированию квазипериодических и хаотических структур на полярном срезе ниобата лития [3].

3) Распад поляризованного состояния (самопроизвольное обратное переключение) [4] и формирование нанодоменных структур при переключении поляризации в однородном поле [5] в монокристаллах релаксорного сегнетоэлектрика ниобата бария-стронция SBN.

4) Роль внешнего экранирования при самопроизвольном обратном переключении поляризации после выключения внешнего поля на неполярном срезе ниобата лития [6].

5) Влияние адсорбированного поверхностного слоя и повышенной влажности на рост доменов при локальном переключении поляризации в ниобате лития [7,8].

6) Доменная структура и особенности локального переключения поляризации в одиночном зерне в бесвинцовых керамиках [9-12]

7) Влияние заряженных доменных стенок на диэлектрическую релаксацию в бесвинцовой керамике (K,Na)NbO<sub>3</sub> [13]

8) Сегнетоэлектрические домены в микротрубках дифенилаланина [14].

9) Типы исходной доменной структуры и особенности роста доменов при локальном переключении на неполярном срезе в органических кристаллах глицина [15].

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ.

1. A.V. Ievlev, A.N. Morozovska, V.Ya. Shur, S.V. Kalinin, *Phys. Rev. B*, **91**, 214109 (2015)
2. D.O. Alikin, A.V. Ievlev, A.P. Turygin, A.I. Lobov, S.V. Kalinin, V.Ya. Shur, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 182902 (2015).
3. A.V. Ievlev, S. Jesse, A.N. Morozovska, E. Strelcov, E.A. Eliseev, Y.V. Pershin, A. Kumar, V.Ya. Shur, S.V. Kalinin, *Nature Physics* **10**, 59 (2014).
4. V.Ya. Shur, V.A. Shikhova, D.O. Alikin, *et.al.*, *Scientific Reports* **7**, Article # 125 (2017)
5. V. Shur, V. Shikhova, A. Ievlev, *et.al.*, *J. Appl. Phys.* **112**, 064117 (2012).
6. A.V. Ievlev, D.O. Alikin, A.N. Morozovska, O.V. Varenyk, E.A. Eliseev, A.L. Kholkin, V.Ya. Shur, S.V. Kalinin, *ACS Nano* **9**, 769 (2015).
7. V.Ya. Shur, A.V. Ievlev, E.V. Nikolaeva, *et.al.*, *J. Appl. Phys.* **110**, 052017 (2011).
8. A.V. Ievlev, A.N. Morozovska, V.Ya. Shur, S.V. Kalinin, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 092908 (2014).
9. D. Alikin, A.P. Turygin, J. Walker, A. Bencan, B. Malic, T. Rojac, V.Ya. Shur, A. Kholkin, *Acta Materialia* **125**, 265 (2017).
10. A.P. Turygin, M.M. Neradovskiy, N.A. Naumova, D.V. Zayats, I. Coondoo, A.L. Kholkin, V.Ya. Shur, *J. Appl. Phys.* **118**, 072002 (2015).
11. A.P. Turygin, D.O. Alikin, A.S. Abramov, J. Hreščak, J. Walker, A. Bencan, T. Rojac, B. Malic, A.L. Kholkin, V.Ya. Shur, *Ferroelectrics* **508**, 77 (2017).
12. D. Alikin, A. Turygin, A. Kholkin, V. Shur, *Materials* **10**(1), Article No. 47, 1 (2017).
13. A. Esin, D.O. Alikin, A.P. Turygin, A.S. Abramov, J. Hreščak, J. Walker, T. Rojac, A. Bencan, B. Malic, A. Kholkin, V.Ya. Shur, *J. Appl. Phys.* **121**, 074101 (2017).
14. A. Esin, I.S. Baturin, T. Nikitin, S. Vasilev, V.Ya. Shur, A.L. Kholkin, *Appl. Phys. Lett.* **109**, 142902 (2016).
15. E. Seyedhosseini, I. Bdikin, M. Ivanov, D. Vasileva, *et.al.*, *J. Appl. Phys.* **118**, 072008 (2015).